ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Über das Vorkommen von Gipskrystallen bei den Tamaricaceae

Von

Hermann Brunswik

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität in Wien
Nr. 135 der zweiten Folge

(Mit 1 Tafel und 1 Textfigur)

(Vorgelegt in der Sitzung am 18. März 1920)

Im Jahre 1887 beschrieb Volkens[1] für einige Tamaricaceenarten (*Reaumuria hirtella* Jaub. et Sp., *Tamarix articulata* Vahl., *T. mannifera* Bunge, *T. tetragyna* Ehrb.) das regelmäßige Vorkommen von epidermalen Drüsen, die ein Gemisch von hygroskopischen Salzen (Chlornatrium, Magnesium- und Calciumverbindungen) sezernieren. Diese Drüsen sind wahrscheinlich eine anatomische Anpassung an die xerophytische Lebensweise, denn die Tamaricaceae zählen zu den Charakterpflanzen der Steppen- und Wüstenflora. Eine zusammenfassende Beschreibung des Baues dieser Drüsen, ihrer Entwicklungsgeschichte und des Sekretionsmechanismus gab Brunner[2] in seinen Beiträgen zur vergleichenden Anatomie der Tamaricaceen.

Die physiologische Bedeutung der so ausgeschiedenen Salzkrusten ist freilich noch umstritten. Während ihnen Volkens[1] und Brunner[2] die Fähigkeit zuschreiben, Wasser

---

[1] G. Volkens, Die Flora der ägyptisch-arabischen Wüste. 1887. p. 27 und 106.

[2] C. Brunner, Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Tamaricaceen. Mit. Botan. Staatsinst. Hamburg. 1909. p. 89—162.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

aus der Atmosphäre anzusaugen und der Pflanze zu übermitteln, deutet sie Marloth[1] als Transpirationsschutz. In jüngerer Zeit betonen Stahl[2] und Haberlandt,[3] daß die Pflanzen sich dadurch nur des die Assimilation und das Wachstum beeinträchtigenden Salzüberschusses entledigen.

Doch auch bei in unseren Breiten kultivierten *Tamarix*-Arten (*T. tetrandra* L., *T. gallica* L. und *T. octandra*) können unter Umständen Krusten von ausgeschiedenem Kalkcarbonat auftreten; so beobachtete Molisch[4] nach langem Ausbleiben von Regen einen solchen Fall am Laurenziberg in Prag.

Jedenfalls enthalten die Tamaricaceae reichlich anorganische Kalksalze im Zellsaft gelöst. — Über krystallisierte Exkrete in den Pflanzen selbst finden sich nur wenige und widersprechende Angaben. F. Niedenzu unterscheidet bei Bearbeitung der *Tamaricaceae* in Engler-Prantl's Natürlichen Pflanzenfamilien[5] die Arten *Reaumuria*, *Hololachne*, *Tamarix* und *Myricaria* als krystallführend, von *Fouquiera*,[6] der er — mit Unrecht — den Besitz von Krystalldrusen im Gewebe abspricht.

Solereder[7] hingegen gibt an, daß »oxalsaurer Kalk in Form von Drusen oder selten von Einzelkrystallen« bei *Tamarix*, *Reaumuria* und *Fouquiera* vorhanden sei, während bei *Hololachne* und *Myricaria* »keine Krystalle zur Beobachtung gelangten«.

---

[1] R. Marloth, Ber. der Deutsch. Bot. Ges., 1887, Bd. V, p. 321. Hierbei eine Analyse der Salzausscheidung bei *T. articulata* mitgeteilt: $CaCl_2$ 51·9, $MgSO_4$ 12·0, $MgCl_2$ 4·7, $MgHPO_4$ 3·2, NaCl 5·5, $NaNO_3$ 17·2, Na_2CO_3 3·8%.

[2] E. Stahl, Bot. Zeitung, 1894, Heft VI—VII; Bot. Zeitung (Flora), 13. Bd. (Neue Folge), Zur Physiologie und Biologie der Exkrete, p. 30.

[3] G. Haberlandt, Physiol. Pflanzenanatomie, 4. Aufl., p. 454.

[4] Nach einer mündlichen Mitteilung von Hofrat Prof. Dr. Molisch. Vgl. auch H. Molisch, Mikrochemie der Pflanze, 1913, p. 48.

[5] Engler-Prantl, Natürliche Pflanzenfamilien, III, 6 u. 6a, p. 289.

[6] Auf die in neuerer Zeit erfolgte Abtrennung von *Fouquiera* als eigene Familie soll erst später eingegangen werden.

[7] H. Solereder, System. Anatomie der Dicotyledonen, 1899, p. 129—132; Nachtrag, 1908, p. 38—39.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Auch Brunner,[1] dessen vergleichende Untersuchungen sich hauptsächlich auf Stamm und Samenanlage der Tamaricaceae beziehen, spricht von oxalsaurem Kalk, der regelmäßig bei allen *Tamarix*-Arten, gelegentlich bei *Myricaria* und *Reaumuria* anzutreffen ist.

Wie von mehrfacher Seite schon betont wurde, wird bei der Diagnose »Kalkoxalat« oft etwas oberflächlich vorgegangen. So auch im vorliegenden Falle. Schon ein kurzes Verweilen der krystallführenden Schnitte von *Tamarix*-Arten in Wasser, ja selbst in verdünntem Glyzerin zeigt nach meinen Beobachtungen, daß die zahlreichen Krystalle wasserlöslich, also sicher kein Kalkoxalat sind. Schwieriger gestaltete sich die positive Beantwortung der Frage nach ihrer Natur. Hiezu war eine genaue Untersuchung ihres chemischen Verhaltens unerläßlich.

I. Chemisches Verhalten der Krystalle.

Als Untersuchungsmaterial wurden frische Stengel und Blätter von *Tamarix tetrandra* L. und *T. gallica* L. benutzt, Arten, die sowohl im Botanischen Garten der Universität Wien als auch in vielen öffentlichen Gärten dieser Stadt kultiviert werden. Nur in zweiter Linie wurde Herbarmaterial (aus dem Hofmuseum Wien) herangezogen.

1. Löslichkeit.

Als charakteristisches Merkmal der Krystalle wurde bereits ihre Wasserlöslichkeit hervorgehoben.

Sobald die krystallhältigen Schnitte mit dem Wasser in Berührung kommen, verlieren die normalerweise stark lichtbrechenden, bläulich schimmernden Drusen und Einzelkrystalle fast momentan diese Eigenschaften, so daß sie bald grauschwärzlich und stark angegriffen erscheinen. In 20 Minuten — bei nicht zu dicken Schnitten unter dem Deckglas — verschwinden die letzten Krümmeln restlos.

---

[1] C. Brunner, l. c., p. 94—95.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Die Krystalle lösen sich also schon in kaltem Wasser; diesem Umstande ist es zuzuschreiben, daß sie in verdünntem Glyzerin schon nach mehreren Stunden gelöst sind, ja daß sie sich in konzentriertem Glyzerin nur wenige Tage halten. Ebenso kann auch Glyzeringelatine die Krystalle nur einige Wochen konservieren.

Unlöslich sind die Krystalle in absolutem Alkohol, Xylol, Äther und Chloroform. Als Einbettung für die Schnitte wurden daher Damarharz und Kanadabalsam verwendet.

In konzentrierter HCl, HNO_3, H_2SO_4 sind die Krystalle ohne Fällung und ohne Aufbrausen löslich, wenn auch durchwegs langsamer als in destilliertem Wasser unter sonst gleichen Bedingungen (in konzentrierter HCl z. B. in zirka 30 Minuten); in Eisessig unlöslich. In gesättigter Oxalsäure sind sie scheinbar auch unlöslich; doch zeigt ein Übertragen der Schnitte darauf in Wasser, daß sie nun auch wasserunlöslich geworden sind, daß sie sich also mit Oxalsäure chemisch umgesetzt haben (siehe Ca-Nachweis).

Alkali wie NH_3, Na OH, KOH lösen sie; auf die sekundäre Fällung typischer Krystalle mit konzentrierter Kalilauge soll erst beim Nachweis des Kations näher eingegangen werden.

2. Reindarstellung der Krystallsubstanz.

Zusammenfassend können zwei Eigenschaften als für die Substanz charakterisierend aufgestellt werden: völlige Unlöslichkeit in Eisessig bei gleichzeitiger guter Wasserlöslichkeit.

Dies weist auch den Weg zur Reingewinnung. In kleinen Mengen, auf dem Objektträger, wurde die Substanz isoliert, indem man aus den frischen Schnitten mit destilliertem Wasser umkrystallisieren läßt und mit konzentrierter $CH_3.COOH$ den Rückstand gründlich spült, so daß alle anderen krystallinischen Ausscheidungen entfernt werden. Um den Stoff in größeren Mengen zu erhalten, werden fein zerkleinerte Blatt- oder Stengelstücke, die sich als besonders krystallreich erwiesen, 24 Stunden mit destilliertem Wasser ausgezogen

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

und das — eventuell eingeengte — Filtrat mit einer mehrfachen Menge Eisessig versetzt. Der ausfallende Niederschlag, in feinen Nadelbüscheln krystallisierend, erweist sich in seinen Eigenschaften völlig gleich den in der Pflanze vorkommenden Krystallen.

3. Verhalten bei der Veraschung.

Nach dem Veraschen der Schnitte durch einmaliges Aufglühen behalten die Krystalle ihre Form bei, sind jedoch leicht gebräunt — wohl infolge organischer Beimengungen — und zeigen eine gekörnt-gestreifte Struktur.

Ihre Löslichkeit wird dadurch in keiner Weise beeinträchtigt. In Wasser bleiben sie löslich, so daß man sie auch aus der Asche umkrystallisieren kann. In konzentrierter $CH_3.COOH$ völlig unlöslich, lösen sie sich nur langsam und ohne Gasblasenentwicklung in konzentrierter HCl, rascher in HNO_3 und H_2SO_4. — Ebenso verhält sich die aus dem Extrakt gefällte Reinsubstanz; die einzelnen Nadeln schmelzen zu kleinen Körnchen zusammen, die wasserlöslich bleiben.

Die Substanz wird also durch das Glühen in keiner Weise verändert; schon dadurch ist die Möglichkeit, daß ein organisches Salz vorliegt, ausgeschlossen.

4. Nachweis des Calciums als Kation.

Empfindliche Ca-Reaktionen stehen eine ganze Reihe zur Verfügung. Die gebräuchlichste, die Fällung des Ca als Gips, war im vorliegenden Falle, wie noch gezeigt werden wird, nicht gut anwendbar. Doch verbleiben immer noch die Fällung des Ca mit Oxalsäure und die in letzter Zeit von Molisch[1] empfohlenen Reaktionen mit Sodalösung und einem Gemisch von konzentrierter Kalilauge mit Kaliumcarbonat.

Alle drei angeführten Reaktionen fallen mit frischen Schnitten positiv aus; jedoch ist die Fällung infolge der leichten Wasserlöslichkeit der Krystalle keineswegs lokalisiert.

---

[1] H. Molisch, Nachweis von gelösten Kalkverbindungen mit Soda; Nachweis von Kalk mit Kalilauge oder $KOH + K_2CO_3$. Ber. d. Deutsch. Botan. Gesellsch., Bd. XXXIV, Heft 5 und 6.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Der Einwand ist hiebei berechtigt, daß damit nicht das Ca in den Krystallen, sondern nur der allgemeine Calciumgehalt der Schnitte nachgewiesen wurde. Immerhin macht schon ein Vergleich der ausgefallenen Menge von Kalkoxalat, Gaylussit ($Na_2CO_3 . CaCO_3 + 5\,H_2O$), respektive des Kaliumcalciumcarbonats ($2\,CaCO_3 + 3\,K_2CO_3 + 6\,H_2O$) bei einem reichlich Krystalle führenden Schnitt und einem gleichgroßen vom selben Pflanzenteil, der keine Krystalle enthält, es sehr wahrscheinlich, daß die Krystalle Calcium enthalten.

Eindeutig und beweisend wird erst der positive Ausfall der genannten drei Reaktionen, wie er mit der auf dem Objektträger isolierten oder durch Eisessig gefällten Substanz gelingt. Eindeutig ist schließlich das bereits erwähnte Verhalten der Krystalle mit konzentrierter Oxalsäure, wobei eine vollkommene Umsetzung — unter Beibehalten der äußeren Gestalt — in das wasserunlösliche Kalkoxalat erfolgt.

Die Krystalle sind demnach, wie es auch das Nächstliegende ist, ein wasserlösliches Calciumsalz.

Die übliche Fällung des Ca mit 2 bis 10 % H_2SO_4 als Gips gelingt natürlich auch, sowohl mit den Schnitten wie mit der reinen Substanz. Auch hiebei ist ein lokalisierter Nachweis infolge der Löslichkeit der Krystalle im allgemeinen nicht möglich. Bereitet man sich jedoch die 2 % Schwefelsäure nicht mit Wasser, sondern mit einem zirka 30 % Alkohol oder 30 % Essigsäure, so setzen sich bei Anwendung dieses Reagenz — die Schwefelsäure verhält sich gegen Alkohol und Essigsäure indifferent — im frischen Schnitt wie im umkrystallisierten Zustand die Gipsnadelbüschel direkt an die korrodierten Krystalle an. Diese Methode wäre für alle leicht wasserlöslichen Ca-Salze zu empfehlen. In vorliegendem Falle jedoch handelt es sich, wie noch gezeigt werden wird, nicht um eine Neubildung von Gips, sondern bloß um ein Umkrystallisieren des schon vorhandenen $CaSO_4$ in die bei saurer Lösung immer auftretende Nadelbüschelform. — Infolge der Wasserlöslichkeit der vorliegenden Krystalle liegt es im Bereich der Möglichkeit, daß das Ca nicht das einzige Kation der Substanz sei, daß es sich vielmehr um ein Calciumdoppelsalz handeln könne.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

In Betracht kommen hiebei vor allem die Alkalimetalle und das Magnesium. Die üblichen mikrochemischen Reaktionen auf Kalium, Natrium und Ammonium verlaufen jedoch sämtlich negativ. Magnesium ist zwar reichlich im Gewebe vorhanden, wahrscheinlich als $MgCl_2$ (Halophyt); bei Anwendung der Methode von Richter[1] (0·1% $NaHNH_4PO_4 + 12\,H_2O$ in Ammoniakatmosphäre) fallen sofort reichlich Krystalle von Magnesiumammoniumphosphat aus, bevor noch die zu untersuchenden Krystalle wesentlich gelöst erscheinen. Wäscht man die Schnitte hierauf in Alkohol aus und setzt die Magnesiumreaktion bis zur Lösung der Krystalle fort, so fällt kein Magnesiumammoniumphosphat mehr aus. Natürlich beweist der negative Ausfall der Magnesiumprobe mit der isolierten Substanz noch viel strenger, daß die Krystalle auch kein Magnesium enthalten.

Die bei den Tamaricaceae vorkommenden Krystalle sind demnach ein einfaches Calciumsalz.

5. Nachweis der Schwefelsäure als Anion.

Durch die Löslichkeitsverhältnisse und das Verhalten der Krystalle beim Veraschen, wie sie bereits geschildert wurden, ist es möglich, von vornherein den Kreis der in Betracht kommenden Anionen recht eng zu ziehen. Die organischen Säuren können völlig ausgeschaltet werden und wasserlösliche, einfache Calciumsalze bilden von den anorganischen Säuren nur: HCl, (HBr, HJ), HNO_2, HNO_3, H_3PO_4 (als primäres oder sekundäres Salz) und schließlich H_2SO_4 als den schon schwerer löslichen (1 : 400) Gips. — Die Möglichkeit, daß ein Doppelsalz vorliegt, wurde bereits früher ausgeschlossen.

Da die Krystalle keine Diphenylaminprobe nach Molisch liefern und auch die mikrochemischen Reaktionen für Phosphorsäure negativ verlaufen — Phosphate sind übrigens in Eisessig löslich —, so verbleiben zur näheren Untersuchung nur Schwefelsäure und Salzsäure als Anion.

[1] O. Richter, Untersuchungen über das Magnesium und seine Beziehungen zur Pflanze, I. Teil. Diese Sitzungsber., 1902, Bd. CXI, p. 171.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Die mikrochemischen Reaktionen für das SO_4-Ion sind, wie Molisch[1] betont, wenig charakteristisch und zum Teil nicht eindeutig. Bei den relativ kompakten Mengen, welche die Krystalle in den einzelnen Zellen darstellen, liefert jedoch die Fällung von $BaSO_4$ mittels einer konzentrierten $BaCl_2$-Lösung ganz brauchbare Ergebnisse. Trägt man die frischen, krystallführenden Schnitte in eine Bariumchloridlösung ein, so setzen sich alsbald die Krystalle in eine dunkle, schwarze, körnig-streifige Masse um, die fast gleichmäßig die betreffenden Zellen erfüllt. Wäscht man nun die Schnitte aus und bringt sie in Königswasser (2 Teile konzentrierte $HCl + 1$ Teil konzentrierte HNO_3), so bleiben die dunklen krystallinischen Komplexe völlig ungelöst. Es unterliegt keinem Zweifel, daß es sich um gefälltes Bariumsulfat handelt.

Mit den isolierten Krystallen bildet sich ein feinkörniger Niederschlag, der ebenfalls in allen Säuren ungelöst bleibt. — Eine mit einer größeren Menge der rein dargestellten Substanz makrochemisch durchgeführte Fällung mit $BaCl_2$ ergab einen reichlichen Niederschlag, der sich auch beim andauernden Kochen mit Königswasser nicht löste.

Schließlich wurde mit der Substanz die in der Mineralogie gebräuchliche Heparreaktion mit stets positivem Ergebnis (Schwärzung des Silberbleches durch die befeuchtete Sodaschmelze) durchgeführt. Die hiebei verwendeten Reagenzien, sowohl die Soda wie die Kohle, waren geprüft schwefelfrei.

Die Krystalle sind demnach reine Gipskrystalle $CaSO_4 + 2\,H_2O$, sowohl nach ihrem mikrochemischen Verhalten in den Schnitten wie auch nach der makrochemischen Analyse der isolierten Substanz. Die erschwerte Wasserlöslichkeit des Gipses **1 : 400** erklärt es überhaupt, wieso es möglich ist, daß eine wasserlösliche Substanz in der lebenden Zelle auskrystallisieren kann. $CaCl_2$- oder $CaNO_3$-Krystalle in der Pflanze wären schon aus diesem Grunde unmöglich, da hiezu Salzkonzentrationen nötig wären, die auch ein Halophyt nicht vertragen würde.

---

[1] H. Molisch, Mikrochemie der Pflanze, 1913, p. 61.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Es erübrigt noch zu erwähnen, daß Chloride, wie es bei diesen Salzpflanzen nicht wundernimmt — die Fähigkeit, Chloride mittels der epidermalen Drüsen auszuscheiden, wurde bereits eingangs festgestellt —, im Zellsaft mikrochemisch leicht nachzuweisen sind, mit den Krystallen aber gar nichts zu tun haben.

II. Beschreibung der Krystalle.

Bisher wurde von den Krystallformen des natürlichen Vorkommens und wie sie sich beim Umkrystallisieren und Fällen des Gipses ergeben, noch nichts erwähnt, um jetzt im Zusammenhang, als Kontrolle und Bestätigung des chemischen Untersuchungsergebnisses, diese Frage zu behandeln.

Der Gips kommt bei den Tamaricaceae meist in Drusen in der Größe von 15 μ bis 35 μ vor. In ihrem Gesamthabitus ähneln sie den bekannten Kalkoxalatdrusen, so daß eine Verwechslung bei bloßer Betrachtung leicht erklärlich erscheint. Unter besonderen Umständen, z. B. in den englumigen Markstrahlzellen, kommen auch schön ausgebildete Einzelkrystalle vor. Diese sind dann (siehe Tafel, Fig. 1) regelmäßig-sechseckige oder rhombische Plättchen, manchmal auch mit abgerundeten Ecken. Die Drusen sind, wie man durch Aufhellen der Schnitte in Damarharz oder Kanadabalsam feststellen kann, eine Übereinanderschichtung solcher Plättchen unter teilweiser Verschmelzung.

Ohne eine solche Behandlung erscheinen die Drusen als eine homogene, stark lichtbrechende Masse; fast regelmäßig enthalten sie einen dunklen Kern, wie es Tunmann[1] für zahlreiche Oxalatkrystalle angibt. Die Natur dieser Kerne, die am besten in Kanadabalsam hervortreten, ist zweifelhaft. Da jedoch diese Bildungskerne zuweilen auch in Einzelkrystallen feststellbar sind, so dürfte es sich dabei nur um zufällige Einschlüsse organischer Natur bei der Krystallbildung handeln.

Etwas verwirrend erscheinen die Krystallformen in ihrer großen Mannigfaltigkeit, die man durch Umkrystalli-

[1] O. Tunmann, Pflanzenmikrochemie, 1913, p. 139.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

sieren aus frischen Schnitten oder bei der Fällung mit Eisessig erhält. Bestimmend für ihre Form ist vor allem die Reaktion der Mutterlauge (sauer, neutral etc.), die Geschwindigkeit ihres Ausfallens (Konzentrationsgefälle) und schließlich die Größe des zum Krystallisieren zur Verfügung stehenden Raumes (unter oder außerhalb des Deckglases, im Tropfen oder in der ausgebreiteten freien Flüssigkeit).

Man kann am besten vier Haupttypen der so gewonnenen Krystalle unterscheiden, wobei zu betonen ist, daß es unter Berücksichtigung der oben angeführten Faktoren jederzeit gelingt, den einen Krystallisationstypus in den anderen überzuführen. Daß es sich also stets um dieselbe Substanz handelt, ist dadurch völlig unzweifelhaft.

Der erste Typus ist der Nadeltypus. Aus saurer Mutterlauge fällt der Gips in feinen Nadeln, nadeligen Durchkreuzungen und dichten Nadelbüscheln aus. Es ist derjenige Typus, der bei der gebräuchlichen Ca-Reaktion mit verdünnter H_2SO_4 auftritt. Vereinzelt finden sich auch die charakteristischen Schwalbenschwanzzwillinge, für die ein Winkel von 104° (respektive 76°) oder 130° angegeben wird.

Der Plättchentypus entsteht bei neutraler Reaktion (beim Umkrystallisieren mit destilliertem Wasser), wenn die Lösung unter dem Deckglas hervortritt, die Krystallbildung daher größtenteils außerhalb des Deckglases erfolgt. (Das Deckglas wirkt dabei verdunstungshemmend.) Vorherrschend sind rhombische Plättchen, häufig mit zwei gerundeten Kanten neben langprismatischen Krystallen und linealartigen Zwillingen.[1]

Bei raschem Verdunsten des Wassers, also bei Tropfen ohne Deckglas, bilden sich die Gipskrystalle in quadrati-

[1] Heinrich Vater (Mikroskopische Studien über die Krystallisation des Gipses. Versuche von Otto Maschke, mitgeteilt von Heinrich Vater, Zeitschr. f. Krystallographie etc., XXXIII. Bd., 1. Heft, 1900) wies nach, daß dieser Typus der von Lösungsgenossen unbeeinflußte, dem Gips bei Krystallisation aus zusatzfreier Lösung zukommende ist. Zugleich stellte er auch das Zurücktreten der Bildung von Zwillingen sowie das wechselnde Verhältnis der Achsenlängen (langprismatische — tafelförmige Krystalle) bei diesem Grundtypus fest.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

schen Formen und kugeligen Sphäriten aus und sind so für die Substanz am wenigsten charakteristisch.

Am seltensten tritt der Hanteltypus aus wässeriger, neutraler Lösung auf; hiebei wird der Gips in Form von Hanteln, pilzhutförmigen Gebilden, Doppelpinseln, Kleeblattformen und breiteren Spießen frei in der Mutterlauge unter dem Deckglas zum Ausfallen gebracht. Vorbedingung hiezu ist knappes Anliegen des Deckglases ohne Hervortreten von Flüssigkeit unter dem Deckglasrand, so daß die Verdunstung stark verlangsamt wird. — Dieselben vier Krystallisationstypen können auch aus einer Lösung von käuflichem Gips erzielt werden.

Wie die Versuche O. Maschke's[1] ergaben, lassen sich Gipskrystalle durch Zusatz von Eosin oder Hämatoxylin zur Mutterlauge in charakteristischer Weise färben. Die Farbstoffaufnahme ist hierbei »molekular«, erstreckt sich jedoch nicht durch die gesamte Masse der Krystalle, sondern es färben sich nur die zu $\{101\} - P\infty$ gehörigen Sektoren (= Anwachskegeln), so daß die Krystalle infolge der Färbung die sogenannte Sanduhrstruktur annehmen. (Anorganische Krystalle mit Sanduhrstruktur können noch aus Strontiumnitrat hergestellt werden.) Die färbenden Substanzen sind nicht isomorph mit den Krystallen.

Dieses typische Verhalten des Gipses kann leicht dazu benutzt werden, sich zu vergewissern, ob man Gipskrystalle vor sich hat oder nicht. Tatsächlich gelangen die Färbungen mit der aus der Pflanze rein dargestellten Krystallsubstanz in vollkommen gleicher Weise wie mit käuflichem Gips. Am besten bewährte sich eine nicht zu starke wässerige Eosinlösung, während das von Maschke ebenfalls verwendete Hämatoxylin (Färbungen gelangen ihm auch mit Natronkarmin und Lackmus) infolge seiner leichten Zersetzlichkeit keine guten Resultate liefert. Mit Bismarckbraun jedoch gelingen, wie ich feststellen konnte, die Färbungen ebenso schön wie mit Eosin, während sich Methylgrün, Methyl- und Gentianaviolett hiezu nicht eignen. — Ein direktes

[1] H. Vater, l. c., p. 60—67.

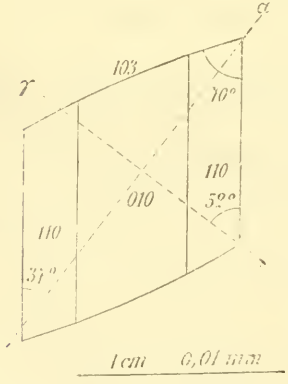
ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Umkrystallisieren des Gipses aus den frischen Schnitten mit wässerigem Eosin oder Bismarckbraun gelingt wegen des hohen Gerbstoffgehaltes der Pflanzenteile bei den Tamaricaceae nicht, wäre jedoch in anderen Fällen eine elegante Methode des Gipsnachweises.

Herr W. Koppi, Demonstrator am mineralogisch-petrographischen Institut der hiesigen Universität, hatte die Freundlichkeit, die Krystalle auf ihr optisches und krystallographisches Verhalten hin zu untersuchen, wofür ich ihm auch an dieser Stelle bestens danken möchte. Er teilte mir folgendes mit:

»Von den vorgelegten Präparaten zeigen die durch Fällung mit Essigsäure und Umkrystallisieren in Destillat erhaltenen Krystalle im allgemeinen das für mikroskopische Gipskrystalle charakteristische Bild: Büschel dünner, spitzer Nadeln, größere Schwalbenschwanz- und Durchkreuzungszwillinge, daneben größere und dickere, rhomboidal umgrenzte Einzelkrystalle (30×30 μ bis 30×50 μ).

Die Doppelbrechung ist niedrig, die dünneren Krystalle zeigen zwischen gekreuzten Nicols kaum merkliche Aufhellung, die dickeren ein Graublau bis Weiß erster Ordnung.



An den größeren, rhomboidal umgrenzten Krystallen konnten die Kantenwinkel und Auslöschungswinkel gemessen und dadurch die Lage der Krystalle und die auftretenden Flächen bestimmt werden.

Die Krystalle liegen fast durchwegs auf der {010}-Fläche. Der Kantenwinkel an der Spitze der rhomboidalen Krystalle ist stumpfer als der der normal aus käuflichem Gips dargestellten mikroskopischen Krystalle; die Messung ergab einen mittleren Wert von 70° (Goldschmidt, Winkeltabellen: 70° 12′), entsprechend dem Winkel zwischen der Fläche {103} und der Trace der {100}. Die {103} erscheint gekrümmt (siehe Textfigur).

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Die Schwingungsrichtung α geht durch den spitzen Winkel der Krystalle und bildet mit der Kante der Flächen {110, 010} einen Winkel von ungefähr 37° (berechnet l. c. 36° 20′).

Der mittlere Brechungsexponent β stimmt mit den Angaben für Gips ($\beta = 1{\cdot}5247$) gut überein; er wurde durch Einbettung in ein Benzol-Bromnaphtalin-α-Gemisch zu 1·526... bestimmt.«

III. Vorkommen und Verbreitung der Gipskrystalle bei den Tamaricaceae.

Die Gipsausscheidungen konnten im Stamm, im Laubblatt, in der Blüte, in Samenanlage und Samen nachgewiesen werden.

Im mehrjährigen Holze kommen sie — im Gegensatz zu den Oxalatkrystallen bei vielen Holzgewächsen — nur sehr spärlich vor. Da einjährige Sprosse in Mark und Rinde reichlich Gipskrystalle enthalten, so müssen diese bei weiterem Wachstum infolge erhöhtem Wasserzustrom wiederum in Lösung gehen. Überhaupt scheint das Auftreten der Gipskrystalle mehr gebunden an die stärker transpirierenden Organe, also an das chlorophyllführende Gewebe (Blätter, einjährige grüne Zweige) und an Blüte und Fruchtknoten.

Besonders reichlich und regelmäßig sind die Krystalle zu finden:

1. In den Blättern. Da hiebei die Drusen in den inneren Zellreihen des chlorophyllführenden Mesophylls, ganz eingekapselt im plasmatischen Zellinhalt, zu liegen kommen, können sie ohne Anwendung besonderer Hilfsmittel leicht übersehen werden. Durch Behandlung der Schnitte mit konzentrierter Schwefelsäure, wobei die Krystalle viel langsamer als das umliegende Gewebe zerstört werden, oder durch Veraschung der Blätter kann man eine Übersicht über ihr reiches Vorkommen in diesen Organen gewinnen. Die besten Resultate jedoch liefert die übliche Aufhellung der Schnitte oder ganzer Blätter in Chloralhydrat (5 : 2) (siehe Tafel, Fig. 2), wobei freilich die Gipskrystalle langsam angegriffen werden, so daß innerhalb zweier Tage in der Umgebung des Schnittes reichlich Gipsnadeln, vereinzelt

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Schwalbenschwanzzwillinge ausfallen, während die Drusen selbst zerkrümmeln. Chloralhydratpräparate können daher nicht zur dauernden Konservierung der Gipskrystalle verwendet werden.

2. In den einjährigen Zweigen, sowohl im Mark wie in der Rinde, manchmal in den jungen Markstrahlen. Im Mark können im Herbst die Krystalle und gespeicherte Stärke nebeneinander in denselben getüpfelten, sklerenchymatischen Zellen vorkommen. — Direkt gespeichert und förmlich gestaut sind die Gipsdrusen bei *Tamarix*-Arten in der Rinde des Stengelfußes, wobei die Zellen, in welchen sie zu liegen kommen, deutlich verholzt sind. Während sie bei *T. tetrandra* (Exemplare aus Wien) nur einigermaßen sklerenchymatisch verdickt sind, finden sich bei anderen *Tamarix*-Arten weitaus stärkere Sklerenchymzellen (siehe Tafel, Fig. 4), die bei *T. laxa* u. a. schon den Habitus von Steinzellen haben. Brunner[1] betont in seiner Untersuchung, daß diese »diffuse Sklerose« für alle Tamariceen typisch sei, wenn sie auch bei einzelnen Arten vor der Korkbildung nur schwach auftritt; zugleich stellt auch er fest, daß diese Steinzellen fast immer Krystalle enthalten.

Da die Gipskrystalle in der primären Rinde nur in diesen verholzten Zellen und niemals im Parenchym vorkommen, besteht hier offensichtlich ein ursächlicher Zusammenhang. Da nichts dafür spricht, daß die Pflanze die primär entstandenen Gipsausscheidungen durch diese Verholzung später förmlich abkapselt und aus dem weiteren Stoffwechsel in diesen »Krystallscheiden«[2] ausschaltet, so dürfte dieser Befund wohl dahin zu deuten sein, daß die Krystallisationsbedingungen in diesen starkwandigen, englumigen Zellen für die bereits konzentrierten $CaSO_4$-Lösungen am günstigsten sind.

Die Krystallablagerung in Blüte, Samenanlage und Samen wurde nur bei *Tamarix tetrandra* Pall. (Exemplare aus Prag 1916 und dem Mediterrangebiet) und bei *T. Hampeana* Boiss. et Heltr. (Persien) untersucht. Sie sind regelmäßig, wenn auch

---

[1] C. Brunner, l. c., p. 94.

[2] E. Stahl, l. c., p. 85—86 (*Tamarix* zitiert).

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

manchmal spärlich nachweisbar und kommen in allen Teilen der Blüte, in den Blumenkronblättern, in den Staubfäden längs der Gefäßbündel, im Griffel und reichlicher in den Kelchblättern vor, wobei die basalen Anteile der angeführten Gebilde bevorzugt werden. — Das Vorkommen von Krystallen in der Samenanlage und in der Samenschale bei den meisten Arten von *Reaumuria* und *Tamarix* beschreibt schon Brunner,[1] so daß nur nachzuweisen war, daß auch diese Ablagerungen Gips darstellen.

Über das spezielle Vorkommen der Gipskrystalle bei den einzelnen Arten der Tamaricaceae siehe die folgende Tabelle. Untersucht wurden acht Arten von *Tamarix*, je drei Arten von *Reaumuria* und *Myricaria*, *Hololachne soongerica*, schließlich zwei Arten von *Fouquiera*, einer Gattung, die erst in neuerer Zeit als eigene Familie von den Tamaricaceae abgetrennt wurde (Engler[2]). Das Material hierzu stammt aus den Herbaren des Hofmuseums in Wien und des Botanischen Institutes der Universität Wien.

---

[1] C. Brunner, l. c., p. 150, 152, 155.

[2] Engler-Prantl, Natürliche Pflanzenfamilien, Nachtrag I, p. 251, und Nachtrag III zu III, 6, p. 228. Vgl. auch G. V. Nash, A Revision of the Family Fouquieraceae in Bull. Torr. Bot. Cl., XXX, 1903, p. 449—459.

Übersicht über das Vorkommen der Gipskrystalle bei den Tamaricaceae.

1. Tamarix.

Name	Fundort	Krystalle im						Anmerkung
		Blatt	assimil. Endsproß	einjährigen Zweige, und zwar			mehrjährigen Stamm	
				Rinde	Markstrahlen	Mark		
T. tetrandra Pall.	Wien (Bot. Garten) 1919, Prag 1916	+ !	+	+ !!	—	+ !	—	Stamm in Rinde und Mark nur erfüllt mit transitorischer Stärke
T. gallica L.	Cette (Frankreich), Bengali. — Wien (Bot. Garten)	+	+	+	+	+	—	Im Mark nebst den Krystallen in denselben Zellen transitorische Stärke
T. parviflora DC.	Attica 1886. — Triest 1902	+ !	+	+	—	+	Standen zur Untersuchung nicht zur Verfügung	0
T. phalerica Ndz.	Phaleron	+	+	+	—	+ !		0
T. laxa Willd.	Afghanistan	+	+	+	—	?		0
T. Meyeri Boiss.	Palästina 1897	+	+	+	—	?		Sehr spärlich
T. Hampeana Boiss.	Persien	+	+ !	+ !	—	?		Blüten- und Kelchblätter krystallfrei, sonst sehr reichlich
T. octandra Bge.	?	+ !!	+	+ !!	—	+ !		Besonders reichlich

Zeichenerklärung: + Gipskrystalle vorhanden, — fehlen, ! Gipskrystalle reichlich, ? zweifelhaft.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

2. Die übrigen Gattungen.

A. Reaumuria hypericoides Willd. Fundort: Nordpersien.

Krystalle sowohl in den Blättern wie im Stengel. — In den Blättern sehr zahlreich; formal wie die in den Blättern bei *Tamarix*-Arten. Drusen. Besonders reich um die Blattnerven gelagert, sonst eingekapselt im chlorophyllführenden Mesophyll. — In den einjährigen Zweigen ziemlich spärlich, doch als gut ausgebildete Einzelkrystalle (Sechsecke, rechteckige Stäbchen, Wetzsteine etc.); nur ausnahmsweise im Mark auch Drusen wie bei *Tamarix*.

Reaumuria squarrosa Jaub. et Sp. Fundort: Nordpersien.

Blattparenchym direkt vollgepfropft mit Gipskrystallen. Zentral an den Leitbündeln Sphärite, runde Platten, die üblichen Drusen wie bei *Tamarix*; mehr peripher, eckige, polygonale Einzelkrystalle. — Erstaunliche Fülle (siehe Tafel, Fig. 2). — Im Mark und Rinde der Achse nur spärliche Drusen, manchmal Einzelkrystalle. In der Frucht keine Krystalle.

Reaumuria vermiculata L. Fundort: Kairo-Mocatan.

Im Blatt wie bei *Reaumuria squarrosa*, nur nicht so zahlreich. Im Stamm keine Krystalle nachweisbar, jedoch starker Gipsgehalt im wässerigen Auszug der Schnitte.

B. Hololachne soongerica Ehrbg. Fundort: Riddersk (Sibirien).

Im Blattparenchym Gipsdrusen wie bei *Tamarix*, *Reaumuria* und *Myricaria*, jedoch nicht so konstant und regelmäßig wie bei diesen. Drusen meist längs den Leitbündeln, erreichen keine besondere Größe. — Vorhanden auch im assimilierenden Endsproß. Stamm jedoch krystallfrei.

C. Myricaria longifolia Ehrbg. Fundort: Irkutsk.

Gipsdrusen wie bei *Tamarix*, im Blattparenchym eingelagert, jedoch ziemlich spärlich. Meist in den Blatträndern und am Blattgrund sowie längs der Gefäße. — Stamm führt in Mark und Rinde keine Krystalle, nur allgemeiner Gipsgehalt nachweisbar.

Bei dieser und den nächstfolgenden *Myricaria*-Arten ist Gips in den größeren Epidermiszellen stellenweise in Spießen und strahlig-fächrigen Krystallen ausgefallen — wohl sekundär beim Vertrocknen. Dieser Umstand weist jedoch auf den hohen $CaSO_4$-Gehalt des Zellsaftes hin, der auch durch wässerige Extraktion nachweisbar ist.

Myricaria alopecuroides Schrenk. Fundort: Altaigebirge (Tomsk).

Im Blattparenchym fast in jeder der kubischen Zellen eine, wenn auch sehr kleine Krystalldruse oder Gipskörnchen. — Gipsdrusen in normaler Größe nur am Blattgrund längs der Gefäßbündel.

Im Stamm keine Gipskrystalle zu beobachten.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Myricaria germanica L. Fundort: Wien; Norwegen.

Krystalle in den Pallisadenzellen eingekapselt, äußerst spärlich. Allgemeiner Gipsgehalt der Blätter (Epidermis!) und Stengel jedoch bedeutend. — Es bilden sich nur keine faßbaren, nennenswerten Krystallexkrete.

D. Fouquiera formosa H. B. K. und *Fouquiera splendens* Engelm. Fundort: Mexiko.

Längs der Blattnerven und in sklerenchymatischen Zellen der Rinde reichlich wasserunlösliche Sphärite und Drusen, die sich als gewöhnliches Kalkoxalat erweisen (in H_2O und Eisessig unlöslich; Ca-Reaktion mit 2% H_2SO_4; verascht zu Kalkcarbonat).

Bei allen positiven Angaben über das Vorkommen von Gipskrystallen wurden mit ihnen folgende Reaktionen gemacht:

1. Wasserlöslichkeit; umkrystallisiert in den Nadel-, Plättchen- oder Hanteltypus. — 2. Unlöslichkeit in Eisessig. — 3. Verascht, nur langsam ohne Gasblasenentwicklung in HCl löslich.

Das Vorhandensein von Gipskrystallen in größerem (*Tamarix*, *Reaumuria*) oder geringerem Maße (*Hololachne*, *Myricaria*) ist somit bei allen untersuchten Arten der Tamaricaceae nachweisbar, wobei zu betonen ist, daß Krystallexkrete anderer Natur (Kalkoxalat etc.) niemals auftreten.

Die Fouquieroideae hingegen, die wegen ihrer sympetalen Blumenkrone, vor allem wegen ihres ölreichen Nährgewebes (im Gegensatz zum stärkereichen der Tamaricaceae) und anderer Plazentation als eigene Familie (Fouquieraceae) abgetrennt wurden, erweisen sich auch in ihrem Chemismus wesentlich verschieden, indem sie keine Gipskrystalle wie die Tamaricaceae bilden, wohl aber das verbreitete Kalkoxalat führen, das dieser Familie wiederum völlig fehlt. Dieser Befund ist also ein neuer Beweispunkt für die Berechtigung der Abtrennung der Fouquieraceae von den Tamarisken.

Auch die systematisch und ökologisch nahe verwandte Familie der Frankeniaceae (ebenfalls Wüstenpflanzen mit Salzausscheidung) zeigt sich in diesem Punkte wesentlich verschieden, indem sich bei ihren Vertretern — z. B. bei *Frankenia hirsuta* L. — wohl Kalkoxalatdrusen, aber keine Gipskrystalle finden.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

IV. Physiologische Bedeutung der Gipskrystalle.

Bisher sind nur vereinzelte Fälle eines Vorkommens von Gipskrystallen in der lebenden Zelle bekannt.

So identifizierte A. Fischer[1] die bei den Desmidiaceen auftretenden Kryställchen als Gips und wies sie bei *Closterium*, *Cosmarium*, *Micrasterias*, *Euastrum*, *Pleurotaenium*, *Penium* und *Tetmemorus* nach.

Radlkofer[2] fand Gipskrystalle bei den Capparideen. Ob die kleinen Krystalle bei *Marattiaceae* und bei *Saccharum officinarum* wirklich Gips darstellen, wie Hansen[3] angibt, ist noch nachzuprüfen, da Monteverde[4] sie für Kalkoxalat erklärt.

Der vorliegende Befund der reichlichen Ablagerung von Gipskrystallen und Drusen bei der rein xerophytischen Familie der Tamaricaceae rückt es in den Bereich der Möglichkeit, daß auch bei anderen Familien Krystallexkrete, die bisher als Kalkoxalat bezeichnet wurden, sich als Gips erweisen. Eine gewisse Übereinstimmung in der Krystallform und das gleiche mikrochemische Verhalten gegen Essigsäure und Chloralhydrat erklären leicht die Verwechslung.

Es wurde bereits erwähnt, daß bei den Tamaricaceae sich die zahlreichsten Gipskrystalle in den grünen Pflanzenteilen, also in den Blättern und einjährigen Zweigen, vorfinden. Diese werden nun im Herbste (Oktober—November) fast restlos abgeworfen und der Gips geht, wie ich mich überzeugen konnte, in wenigen Tagen aus den abgestorbenen, der Bodenfeuchtigkeit und Witterung ausgesetzten Pflanzenteilen vollkommen in Lösung. Der Boden, in dem die Pflanze steht, wird dadurch neuerdings mit $CaSO_4$ angereichert; man

---

[1] A. Fischer, Über das Vorkommen von Gipskrystallen bei den Desmidiaceen. Jahrb. f. wiss. Bot., 1884, Bd. 14, p. 133.

[2] Vgl. H. Solereder, Systematische Anatomie der Dikotyledonen, 1899, p. 82.

[3] A. Hansen, Über Sphärokrystalle. Arb. d. Würzburger Inst., 1884, Bd. III, p. 109, 117—118.

[4] Monteverde, Über Krystallablagerungen bei Marattiaceen. Ref. Bot. Zbl., 1887, Bd. XXIX, p. 358.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

könnte also von einem teilweisen Kreislauf des Gipses in diesem Falle sprechen.

Sicherlich kann man die Gipskrystalle als ein Krystallexkret im Sinne von Stahl[1] bezeichnen. Andere Krystallexkrete, also Kalkoxalat oder Kalkcarbonat, sind bei den Tamaricaceen nicht vorhanden.

Zur Erklärung ihres Entstehens läßt sich wohl nur folgendes anführen: Wie schon erwähnt, sind alle Arten der Tamaricaceae Xerophyten, Charakterpflanzen des Mediterrangebietes, der zentralasiatischen und afrikanischen Steppen und Wüsten. Das spärliche Wasser, das ihnen jeweilig zu Gebote steht, enthält reichliche Mengen anorganischer Calcium- und Magnesiumverbindungen infolge der Bodenbeschaffenheit gelöst und die Wurzeln müssen sich wohl daran gewöhnen, solche relativ konzentrierte Salzlösungen aufnehmen zu können. Beim Durchpumpen derselben durch die Pflanze wird nur ein geringer Teil der Sulfate zum weiteren Aufbau verwertet. Der Überschuß wandert an die peripheren Pflanzenteile — Blätter- und Endsprosse — und gelangt dort, infolge der am frühesten erreichten Übersättigung (1 : 400), als Gipskrystalle und Drusen zur Ausfällung, während die wasserlöslicheren Salze (Chloride, Carbonate, $MgSO_4$) durch die epidermalen Drüsen, die sicherlich als umgewandelte Hydatoden aufzufassen sind,[2] in Form von Salzkrusten abgeschieden werden.

Bei den in unseren Breiten in normal zusammengesetztem Boden kultivierten Tamaricaceae kommt es im allgemeinen (Ausnahmen: die schon eingangs erwähnte Beobachtung von Molisch) nicht mehr zur Ausbildung von Salzkrusten; die Exkretion von Gipskrystallen erscheint jedoch quantitativ und qualitativ völlig gleich wie bei den Arten der Wüste. $CaSO_4$ steht — im Gegensatz zu den Chloriden — den Pflanzen auch hier zur Verfügung und die Wurzel behält die Fähigkeit gesteigerter Salzaufnahme, einmal erworben, bei, so daß auch die bei uns kultivierten oder heimischen (*Myricaria*

[1] E. Stahl, Zur Physiologie und Biologie der Exkrete, Flora, 13. Bd., 1919, p. 1 u. ff.

[2] Vgl. G. Haberlandt, Physiolog. Pflanzenanatomie, 4. Aufl., p. 454.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

germanica L.) Tamaricaceae ihren Sulfatüberschuß als Gips ablagern und ihn jeden Herbst mit dem Laubfall größtenteils abstoßen.

V. Zusammenfassung.

1. Die bei den Tamaricaceae vorkommenden Krystalle bestehen nicht, wie man bisher angenommen hat, aus Kalkoxalat, sondern aus Gips.

2. Ihre Gipsnatur wurde mikro-, makrochemisch und krystallographisch erwiesen.

3. Das Vorkommen der Krystalle innerhalb der Familie der Tamaricaceae erstreckt sich in stärkerem oder geringerem Maße auf sämtliche untersuchte Arten ihrer vier Gattungen: *Tamarix*, *Reaumuria*, *Myricaria*, *Hololachne*.

4. Die Arten von *Fouquiera* (jetzt Fouquieraceae) enthalten keine Gips-, wohl aber Kalkoxalatkrystalle. Es ist dies ein neuer Beweis für die Berechtigung der erfolgten Abtrennung von *Fouquiera* als eigene Familie. Auch die nahe verwandten Frankeniaceae führen bloß Kalkoxalat.

5. Die Lokalisation der Gipskrystalle in der einzelnen Pflanze ist folgende: Im Mesophyll, besonders längs den Blattnerven, entlang der Leitbündel in Mark und Rinde, dort häufig in sklerenchymatischen Zellen. Unter Umständen sind Pflanzenteile, z. B. das Mesophyll (*Reaumuria*) oder der Stengelfuß einjähriger Zweige (*Tamarix*) dicht angefüllt mit Gipskrystallen.

Am Schlusse meiner Arbeit ist es mir ein Bedürfnis, Hofrat Prof. Dr. Hans Molisch und Herrn Assistenten Dr. Gustav Klein für ihre vielfachen Anregungen und ihre Unterstützung meinen besten Dank ausdrücken zu dürfen.

ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru

Erklärung der Tafel.

Fig. 1 *a*. Formen der bei den Tamaricaceae vorkommenden Einzelkrystalle und Drusen von Gips $CaSO_4 + 2H_2O$. Vergr. 285.

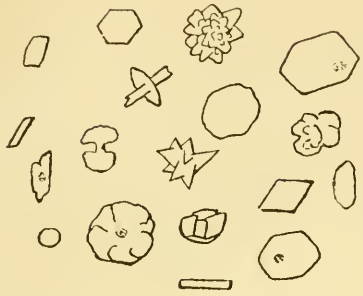
Fig. 1 *b*. Mit Eosin und Bismarckbraun künstlich gefärbte Gipskrystalle (Sanduhrstruktur). Gefärbte Anwachskegel (*a*). Vergr. 285.

Fig. 2. Blattquerschnitt von *Reaumuria squarrosa* Janb. et Sp. Vertieft gelagerte Epidermisdrüsen (*dr*). Besonders reiches Vorkommen von Gipskrystallen (*g*) im Mesophyll. Speichertracheiden (*sp*) (Vesque). Vergr. 60.

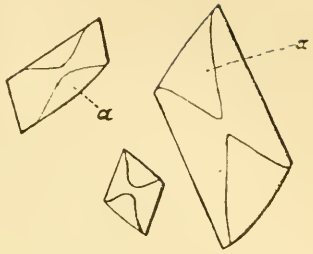
Fig. 3. Querschnitt durch einen Endsproß von *Tamarix tetrandra* Pall. Assimilationsgewebe (*as*) noch vorhanden. Zahlreiche Gipskrystalle (*g*) außerhalb des Sklerenchymringes (*sk*). Vergr. 140.

Fig. 4. Querschnitt durch die Rinde von *Tamarix phalerica* Ndz. Verstreute Sklerenchymzellen (*sk*), teilweise Gipsdrusen (*g*) enthaltend. Vergr. 140.

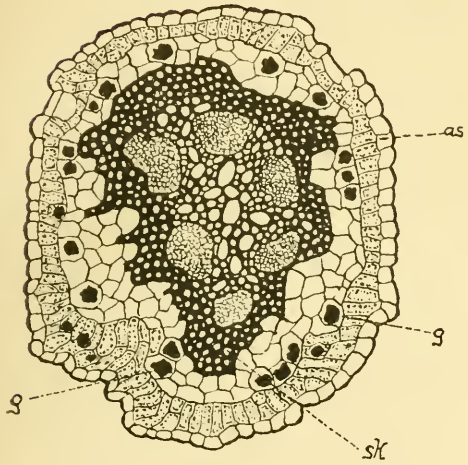
ownload from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentru



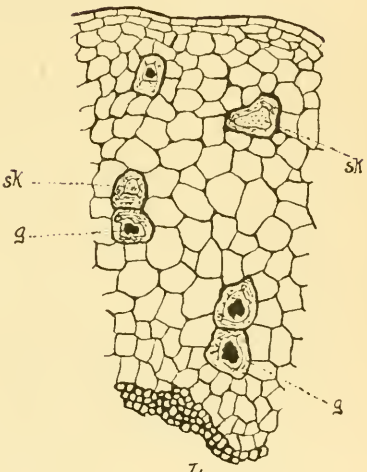
1a.



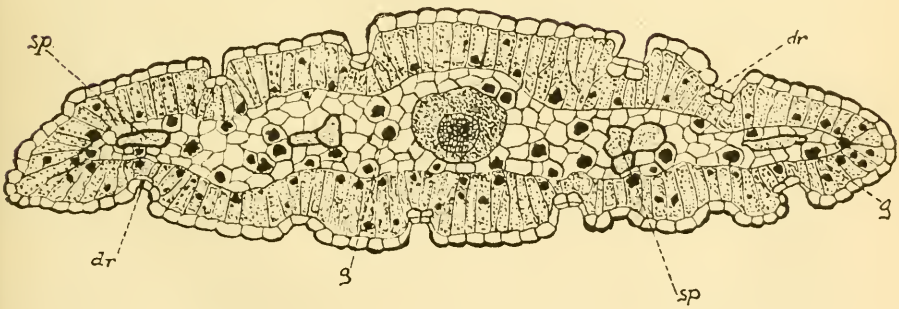
1b.



3.



4.



2.